

某城际铁路八达岭地下车站地应力测量 及稳定性初析

马秀敏^{1,2)}, 彭华^{1,2)}, 李振²⁾, 姜景捷^{1,2)}, 彭立国²⁾

1) 国土资源部新构造运动与地质灾害重点实验室, 北京, 100081; 2) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京, 100081

地壳应力状态是地球动力学研究的基本问题之一, 地应力对矿山开采、地下工程和能源开发等生产实践均起着至关重要的作用。地应力测量是确定工程岩体力学性质、进行围岩稳定性分析、岩土工程开挖设计和实现决策科学化的前提, 尤其是对大型工程建设具有十分重要的科学意义(李飞, 2009; 李建平, 2013; 张良刚, 2012)。在铁路隧道勘察阶段, 通过勘探钻孔进行地应力测试工作, 查明隧址区地应力大小、方向及其分布特征, 判断隧道洞身围岩稳定性, 可为隧道设计、施工提供科学依据。

1 工程区地质概况

八达岭地下车站位于北京市西北方向的延庆县八达岭镇境内, 站址区地面位置正位于八达岭长城景区核心部位, 其总长 495m, 埋深最浅约 75m, 最深约 110m^①。

从地质角度看, 地下站地处延庆-怀来山间盆地东缘, 无大构造穿过。新生代以来构造运动强烈, 晚第三纪延庆-怀来山间盆地形成, 并伴随北东向蔚县-延庆断裂活动, 其活动性强。现今构造运动继承了新生代以来构造运动特点。区内结晶基底起伏变化与地表构造状态趋于一致, 呈近东西向展布。

站址区出露的地层为燕山晚期(白垩纪~侏罗纪, 大约在 137~80Ma)形成的二长花岗岩。为了获取八达岭地下车站地应力状态及其分布规律, 对其勘探区 D1ZS-2 钻孔采用水压致裂方法进行了原地应力测量。

2 地应力测量

水压致裂地应力测量是一项成熟的地应力测试技术, 并被国际岩石力学学会推荐(Haimson et al., 2003)。D1ZS-2 孔属于八达岭地下站勘探孔, 终孔深度为 140.00m, 岩性为花岗岩。钻孔结构单一, 孔径 $\Phi 110\text{mm}$ 钻孔静水水位 8.50m。根据钻孔结构特征、岩性完整程度, 考虑到工程实际需要, 尽可能把测段安排在钻孔中下部位。本钻孔 75.70~77.70m、85.70~87.70m 和 120.70~122.70m 三个测段分别进行了测试, 获得压裂曲线(图 1)。

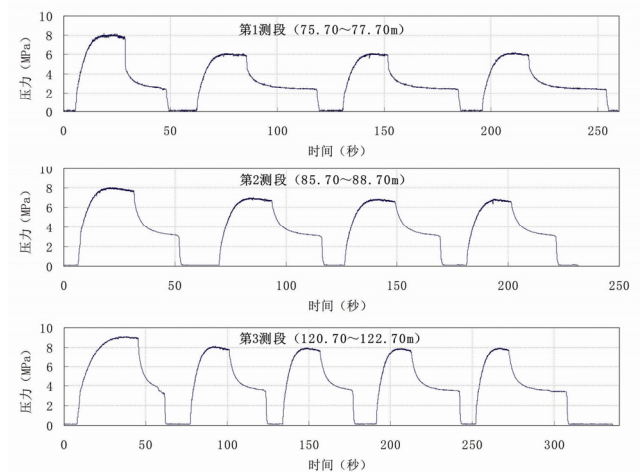


图 1 八达岭地下站 D1ZS-2 孔水压致裂记录曲线

从所获得压裂曲线看(图 1), 三个测段压裂曲线标准, 破裂峰值明显, 各循环重复测量规律性强, 测得压裂参数具有良好的一致性。

注: 本文为所长基金瓦努阿图共和国典型板块俯冲带地应力分布特征研究项目(编号 DZLXJK201303)的成果。

收稿日期: 2015-02-02; 改回日期: 2015-02-28; 责任编辑: 费红彩。

作者简介: 马秀敏, 男, 1978 年生, 硕士, 助理研究员, 地质工程专业。Email: maxiumin2@163.com。

根据水压致裂地应力测试理论（马秀敏等，2005，2006）与钻孔测试资料，计算出 D1ZS-孔地应力测量结果（表 1）。

表 1 D1ZS-2 孔水压致裂原地应力测量结果

测段	测试深度 (m)	主应力值(MPa)			破裂方位 (°)
		SH	Sh	S _v	
1	75.70~77.70	4.479	3.82	2.07	N31°E
2	85.70~87.70	4.628	4.12	2.34	-
3	120.70~122.70	4.988	4.74	3.29	-

3 测试结果分析

3.1 主应力大小

测试结果表明：地下车站附近最大水平主应力为 4.48~4.99MPa，最小水平主应力为 3.82~4.74MPa，铅直主应力为 2.07~3.29MPa；水平地应力值与铅直应力值之比均大于 1，反映工程区原岩应力状态以水平应力为主导，而 $S_H > S_h > S_V$ ，表明应力场处于逆断层状态。

3.2 主应力方向

最大水平主应力方向为 N31°E，而拟设隧道轴线走向为 N46°E，其与最大主应力方向夹角小于 30°，可判断有利于地下车站围岩稳定。

3.3 水平主应力随深度变化规律

通过利用 Excel 软件计算出 D1ZS-2 孔钻孔各测点的水平主应力最大值 (S_H) 和最小值 (S_h) 线性回归方程如下：

$$S_H=3.57+0.0118D \text{ 相关系数: } 0.9889 \quad (1)$$

$$S_h=2.28+0.0205D \text{ 相关系数: } 0.9861 \quad (2)$$

式中：D—深度，m。

从水平主应力最大值 (S_H) 和最小值 (S_h) 线性回归方程 (1)、(2) 看，应力随深度有逐渐增大的趋势。

4 结论

(1) 八达岭地下车站勘探区实测最大水平主应力值为 4.48~4.99MPa，最小水平主应力值为 3.82~4.74MPa。测区地应力值与燕山地区地应力测试统计结果比较，属中等应力水平。

(2) 实测最大水平主应力方向为 N31°E，即 NNE 向。而拟设隧道轴线走向为 N46°E，其与最大主应力方向夹角为 15°（小于 30°），可判断此应力场方位有利于地下车站围岩稳定。

(3) 勘探区应力场以水平应力为主导，符合地壳表层地应力分布的普遍规律。

(4) 工程区应力场最大水平主应力与铅直主应力比值 (S_H/S_V) 较大，在 1.44~2.16 之间，且主应力有随深度增加而增大的趋势。

致谢：感谢北京交通大学贺少辉教授、康富中博士等同志在地应力测试过程中做出的贡献，有力保障了地应力现场测试的顺利完成。

注 释 / Notes

①北京交通大学. 2009. 超大规模复杂结构体系深埋暗挖车站修建对八达岭景区山体影响的有限元分析报告.

参 考 文 献 / References

杜建军, 陈群策, 安其美, 王玉芳, 孟文, 李国岐. 2013. 陕西汉中盆地水压致裂地应力测量分析研究. 地震学报, 35(6): 799~808.

李飞, 王述红, 李正仁, 王胜. 2009. 地应力水压致裂法测量及其在隧道工程的应用. 西部探矿工程, 4: 178~181.

李建平, 王庆学, 张晓慧. 2013. 深孔地应力测试在铁路隧道工程勘察中的应用. 中国煤炭地质, 25(9): 47~51.

马秀敏, 彭华, 李金锁. 2005. 新疆西部地应力测量在隧道工程中的应用. 地质力学学报, 11(4): 386~393.

马秀敏, 彭华, 李金锁, 黎建文, 廖怀青, 杨绍喜. 2006. 襄渝铁路增建二线—新白岩寨隧道地应力测量及其在岩爆分析中的应用. 地球学报, 27(2): 181~186.

张良刚, 吴立, 徐昌茂, 赖云. 2012. 高速铁路大断面隧道地应力测试与分析. 铁道建筑, 9: 50~53.

Haimson B C, Cornet F H. 2003. ISRM suggested methods for rock stress estimation. Part 3: Hydraulic fracturing (HF) and/or hydraulic testing of pre-existing fractures (HTPF). International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, (40): 1011~1020.